

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-054529  
 (43)Date of publication of application : 08.03.1991

(51)Int.Cl. G02F 1/35  
 G02B 6/12  
 H01S 3/06  
 H01S 3/094  
 H01S 3/17

(21)Application number : 01-188887

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD  
 NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 24.07.1989

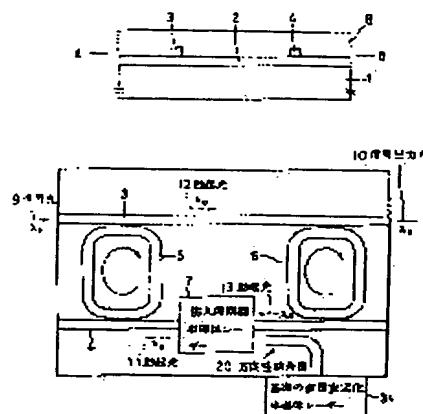
(72)Inventor : NAKAZAWA MASATAKA  
 KIMURA YASURO  
 IMOTO KATSUYUKI

(54) WAVEGUIDE AMPLIFIER MADE OF GLASS ADDED WITH RARE EARTH ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To form the waveguide amplifier of a high gain and to obtain the higher output of an implantation synchronization type semiconductor laser as well as to stabilize the oscillation wavelength thereof by using the above-mentioned laser as a pumping source.

CONSTITUTION: The waveguide amplifier is constituted of the flush waveguide consisting of glass and the implantation synchronization type semiconductor laser 7 which is synchronized with the light of a reference wavelength stabilizing semiconductor laser 31 and is stabilized in the wavelength is inserted to the intermediate point of the waveguide. The laser 7 is the pumping source and is synchronized with the wavelength of the output light of the reference wavelength stabilizing semiconductor laser 31 implanted via a directional coupler 20, by which the wavelength of the output light is stabilized. The output light of this laser 7 is inputted into a core 4 and is propagated in a core 3 via a ring oscillator 6 and is inputted to the laser 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-54529

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

G 02 F 1/35  
G 02 B 6/12  
H 01 S 3/06  
3/094  
3/17

識別記号

5 0 1

庁内整理番号

H

7348-2H  
7036-2H  
7630-5F

7630-5F  
7630-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)3月8日

H 01 S 3/094

S

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全6頁)

⑭ 発明の名称 希土類元素添加ガラス導波路増幅器

⑯ 特 願 平1-188887

⑰ 出 願 平1(1989)7月24日

⑱ 発 明 者 中 沢 正 隆 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
⑱ 発 明 者 木 村 康 郎 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
⑱ 発 明 者 井 本 克 之 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内  
⑲ 出 願 人 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号  
⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
⑳ 代 理 人 弁理士 絹 谷 信 雄

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

希土類元素添加ガラス導波路増幅器

## 2. 特許請求の範囲

1. 信号光の伝搬する希土類元素添加ガラス導波路の入力側より励起光を結合させ、該導波路の出力側より該励起光を抽出する構成のガラス導波路増幅器において、該励起光源に注入同期型半導体レーザーを用いたことを特徴とする希土類元素添加ガラス導波路増幅器。
2. 希土類元素添加ガラス導波路への励起光の結合及び該導波路からの励起光の抽出を、リング共振器、方向性結合器等の共振器によって行うことを特徴とする請求項1記載の希土類元素添加ガラス導波路増幅器。
3. 励起光伝搬経路をフィードバックループ構成としたことを特徴とする請求項2記載の希土類元素添加ガラス導波路増幅器。
4. 注入同期型半導体レーザーは増幅器機能付きのものを用い且つ基準の波長安定化半導体

レーザー光源の出力光に同期化させることを特徴とする請求項1、2又は3記載の希土類元素添加ガラス導波路増幅器。

5. 希土類元素添加ガラス導波路増幅器はプレーナ構造のガラス導波路で構成されていることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の希土類元素添加ガラス導波路増幅器。

6. 希土類元素添加ガラス導波路と励起光の結合及び抽出用共振器が光ファイバ構造のもので構成されていることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の希土類元素添加ガラス導波路増幅器。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は希土類元素を添加したガラス導波路増幅器に関するものである。

〔従来の技術〕

光ファイバのコアに希土類元素を添加した光ファイバ増幅器及びレーザーの研究が活発に行われるようになり、光波通信用増幅器及びレー

ザーとして注目されるようになってきた。

従来、光ファイバ増幅器として、第7図に示すように、希土類元素Erを添加した光ファイバ32内に信号光を伝搬させ、この信号光の伝搬方向に対して励起光を光ファイバカプラ33を用いて合成し、反転分布状態を形成させることにより信号光を増幅させ、出力側より光ファイバカプラ34で励起光を分離させる方法が検討されている(木村、中沢：光ファイバレーザーの発振特性とその光通信への応用、レーザー学会研究会、RTM-87-16、PP. 31~37、1988年1月)。

[発明が解決しようとする課題]

光ファイバ増幅器及びレーザーは、(1) コア系が $10\mu\text{m}$ 程度と細径であるため、励起パワー密度が大きくなり励起効率が上がること、(2) 相互作用長を長くとれること、(3) 石英系光ファイバの場合、非常に低損失であることなどの特徴がある。

しかしながら、半導体レーザー、受光素子、光

変調回路、光分岐・結合回路、光スイッチ回路、光合分波回路などと共に実装したシステムを構成しようとする場合に、それぞれが個別部品であるので、小形化、低損失化がむずかしいといった問題点がある。また個別部品を個々に光軸調整して配置させなければならないので、調整時間が膨大にかかり、コスト高になる、信頼性に問題がある、などの課題もあった。

また高利得特性を実現させるためには励起光源の出力を大きくする必要があるが、大出力の励起光源はコスト高であるという問題もあった。

さらに励起光のわずかな発振波長変化によって、増幅器の利得が変動するという問題も実用システムを構築する上で重大な問題であった。これは希土類元素を添加した光ファイバの励起光による吸収の波長特性が極めてシャープなためであった。したがって、励起光源の波長の高安定化が必要となるが、極めて効果で装置、回路構成も複雑になるという問題点があった。

本発明の目的は、前記した従来技術の問題点を

解決し、小形、低損失、高利得、低コストで信頼性のある増幅器を提供することにある。

[課題を解決するための手段]

本発明の希土類元素添加ガラス導波路増幅器は、上記目的を達成するために、信号光の伝搬する希土類元素添加ガラス導波路の入力側より励起光を結合させ、該導波路の出力側より該励起光を抽出する構成のガラス導波路増幅器において、該励起光源に注入同期型半導体レーザーを用いた構成としたものである。

この場合、好ましくは、希土類元素添加ガラス導波路への励起光の結合及び該導波路からの励起光の抽出を、リング共振器、方向性結合器等の共振器によって行う。更に好ましくは、励起光伝搬経路をフィードバックループ構成とする。また、注入同期型半導体レーザーには増幅器機能付きのものを用い且つ基準の波長安定化半導体レーザー光源の出力光の波長に同期化させる。

本発明の希土類元素添加ガラス導波路増幅器はブレーナ構造のガラス導波路で構成されるが、希

土類元素添加ガラス導波路と励起光の結合及び抽出用共振器を光ファイバ構造のもので構成することもできる。

[作 用]

希土類元素を添加したガラス導波路内に信号光を伝搬させると共に、該導波路の入力側に共振器を設けて注入同期型半導体レーザーの出力光を励起光として該導波路内に結合させ、かつ該導波路の出力側にも共振器を設けて該励起光を取り出して、該注入同期型半導体レーザーの入力部へ入力させることによって、該励起光の波長の安定化及び出力光の増大を図り、高利得、高安定の増幅器が実現される。また、上記構成をブレーナ構造のガラス導波路で構成することによって、小形化及び低損失化が達成される。さらに、ブレーナ構造のガラス導波路は半導体プロセスを応用することによって容易に実現可能となるので、低コスト化及び高信頼化も期待できる。

[実施例]

第1図及び第2図に本発明の希土類元素添加ガ

ラス導波路増幅器の実施例を示す。これは埋込みガラス導波路で構成されており、このガラス導波路の途中に基準の波長安定化半導体レーザー31の光に同期され波長の安定化された注入同期型半導体レーザー7を挿入したものとなっている。第1図は導波路増幅器の側面を、第2図はそのⅡ-Ⅱ断面を示す。

先ず導波路の構成から説明する。

基板1 (たとえばSi、SiO<sub>2</sub>ガラス、SiO<sub>2</sub>に屈折率制御用添加物を含んだガラス、GaAs、InP、サファイヤなど) の上に、バッファ層2 (屈折率 $n_b$ ) が形成されている。このバッファ層2には、SiO<sub>2</sub>あるいはSiO<sub>2</sub>にP、B、Ti、Ge、Al、Znなどの屈折率制御添加物を少なくとも一種含んだもの、などが用いられる。このバッファ層2の上に光信号を伝搬させるガイド、すなわちコア3、4、リング共振器5、6が形成されている。この実施例ではコア3、4は互いに平行に、リング共振器5、6はそれらコア3、4間に位置するように形成されて

いる。これらのガイド3~6は断面が略矩形状のもので、その屈折率 $n_w$ はバッファ層2の屈折率 $n_b$ に対し、 $n_w > n_b$ のように設定されている。

上記コア3は、活性物質として希土類元素 (Er、Nd、Ho、Yb、Ce、Sm、Tm、Prなど) が少なくとも一種含まれたSiO<sub>2</sub>系ガラス (SiO<sub>2</sub>、あるいは前記屈折率制御用添加物を少なくとも一種含んだSiO<sub>2</sub>) からなる。コア3内に添加すべき上記希土類元素は、コア3内を伝搬させる信号光の波長 $\lambda_s$ で発光特性をもつような元素が選ばれる。例えば、波長 $\lambda_s$ として、波長1.53 $\mu$ m帯が用いられると、希土類元素としてはEr、あるいはErとYbを共に添加したものなどを適用することができる。

コア4、リング共振器5、6には上記SiO<sub>2</sub>系ガラス、あるいはコア3と同様のガラスを用いることができる。

上記バッファ層2及びコア3、4を含め全体がクラッド8で被覆されており、このクラッド8はその屈折率 $n_c$ が $n_w$ よりも低くなるように選ば

れ、前記SiO<sub>2</sub>系ガラスで構成される。

リング共振器5及び6は、注入同期型半導体レーザー7の発振波長 $\lambda_r$ に共振するように設計されており、コア4 (3) 内を伝搬している波長 $\lambda_r$ の光信号を、コア3 (4) 内へ選択的に結合させる機能をもっている。波長 $\lambda_s$ の光信号に対しては共振しないように構成されている。

注入同期型半導体レーザー7は励起用光源であり、方向性結合器20を介して注入される基準の波長安定化半導体レーザー31の出力光の波長に同期され、出力光の波長の安定化が図れる。この注入同期型半導体レーザー7の出力光はコア4内に矢印11のごとく入力され、リング共振器5を介してコア3内を矢印12のごとく伝搬される。そしてリング共振器6を介してコア4内を矢印13のごとく伝搬し、注入同期型半導体レーザー7に入力される。

上記のようなフィードバックループを構成させると、

(1) 発振器波長 $\lambda_r$ の安定化が可能となる。

(2) 注入同期型半導体レーザー7に増幅機能をもたせることができ、より高出力の励起光出力を取り出すことが可能となる。

(3) 結果として、安定で高利得なガラス導波路増幅器が実現可能となる。

などの特徴を期待することができる。そして、増幅器全体を小形化することができる。

また、既に明らかなように、プレーナ構造を用いているので、本ガラス導波路増幅器は、ガラス膜の形成、ガラス膜のパターニング (フォトリソグラフィ及びドライエッチングプロセス)、ガラス膜形成及び切断・研磨などの半導体プロセスにより作成することができ、量産化による大幅な低コスト化を期待できる。

さらに、信号光及び励起光伝送用導波路3、励起光伝送用導波路4、リング共振器5及び6、方向性結合器20、注入同期型半導体レーザー7は、これをマスク精度で配置させることができるので、各部品間を低損失で結合させることができ、また信頼性も向上させることができる。なお、注入同

型型半導体レーザー7の入出力部とコア4との結合には、レンズ、屈折率発合剤などを用いて、高結合効率を図るようにしてもよい。

第3図及び第4図は本発明の希土類元素添加ガラス導波路増幅器の別の実施例を示したものである。これは第2図のリング共振器5及び6の代わりに、方向性結合器14及び15を用いて励起光11をコア3に結合させ、またコア3内を伝搬している励起光をコア4に取り出させるようにしたものである。

この実施例の場合も、コア3内を伝搬している信号光9については、コア4に結合しない。信号光9は、第1図の場合と同様に、コア3内を伝搬するにつれて増幅され、信号出力光10として取り出される。すなわち、コア3内に方向性結合器14を通して励起光が結合され、その励起光12がコア3内を伝搬するにつれて希土類元素に吸収されてエネルギー準位を上げる。これにより、反転分布が生じ、誘導放出により信号光9が増幅される。この増幅度はコア3の導波路長、励起光の

方向性結合器17及び18を用い、そして励起光11及び13の伝搬用導波路として、光ファイバ19を用いたものである。また基準の波長安定化半導体レーザー31の出力光は、光ファイバ型方向性結合器29を通して注入型半導体レーザー7に入力されている。この光ファイバを用いた構成では小形化、低損失化などはむずかしいが、高利得化を図ることが可能となる。

本発明は上記実施例に限定されない。

まずプレーナ構造のガラス導波路として、埋め込み型以外に、リッジ型、装荷型、盛り上げ型などの従来よく知られた導波路構造で実現させてもよい。基板1にSiO<sub>2</sub>ガラスを用いた場合にはバッファ層2は形成させなくてもよい。

また、SiO<sub>2</sub>ガラス基板に矩形状の溝を掘り、その溝にコア3及び4を形成してもよい。

励起光を希土類元素添加ガラス導波路に結合させたり、あるいは抽出したりするための共振器としては、リング共振器、方向性結合器以外に、テーパー型方向性結合器、融着延伸型光ファイバカプ

出力値、希土類元素の添加濃度に依存している。

本発明の場合、希土類元素の添加濃度を高くし、かつ励起光出力値を大きくすることによって、小形、高利得な増幅器を実現するものである。しかも注入同期型半導体レーザー7は、安定な基準の半導体レーザー31の波長に同期化させたり、また上記のようにフィードバックループを構成することにより、さらに注入同期型増幅器と組合せることにより、より安定で、大出力を得やすいので、高利得で、かつ利得変動の極めて少ない希土類添加ガラス導波路増幅器を実現することができる。

第5図は本発明の希土類元素添加ガラス導波路増幅器の別の実施例を示したものである。これはガラス導波路として、プレーナ構造のものの代わりに、光ファイバ構造のものをを用いて構成した場合の実施例である。

すなわち、信号光9及び励起光12の伝搬用導波路として、光ファイバのコアに希土類元素を添加した光ファイバ16を用い、励起光結合用及び取り出し用の方向性結合器として光ファイバ形方

ら、バイコニカルテーパー型光ファイバカブラなどを用いてもよい。

また、本発明は複数の伝送路の増幅用としても好適である。すなわち、第6図に示すように、2つの希土類元素添加コア3及び21内を伝搬する光信号を増幅させる場合、一つの基準の波長安定化半導体レーザー31の出力光をY分岐結合器30で2つに分け、それぞれの注入同期型半導体レーザー7及び25に入力させることにより、半導体レーザー31の波長に同期引込みさせる。これにより波長を安定化させ、かつフィードバックループをそれぞれ構成させることにより、さらに波長安定化と大出力化を図り、高利得増幅器を実現させるようにしたものである。

なお、第1図ないし第6図において、励起光は必ずしもフィードバックループを構成しなくてもよい。その理由は、希土類元素添加コア3及び21が充分長い場合には、フィードバックされてくる励起光量は充分に小さいためである。

〔発明の効果〕

以上のように、本発明によれば、まず注入同期型半導体レーザーを励起光源として用いることにより、高利得の希土類元素添加ガラス導波路増幅器を実現することができる。また励起光伝搬用導波路をフィードバックループ構成とすることにより、注入同期型半導体レーザーの高出力化及び発振波長の安定化を図ることができ、高利得で利得変動の少ない安定な増幅器を実現することができる。さらに、プレーナ構造のガラス導波路構造で増幅器を構成することにより、小形化、低損失化及び低コスト化などを期待することができる。

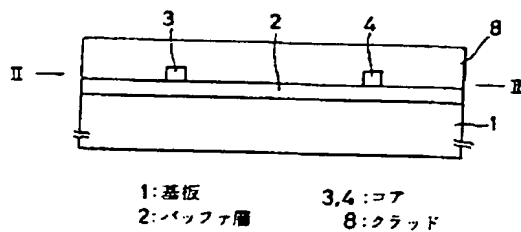
4. 図面の簡単な説明

第1図から第6図は本発明の希土類元素添加ガラス導波路増幅器の実施例を示したもので、第1図は第1の実施例の側面図、第2図はそのⅡ-Ⅱ断面図、第3図は第2の実施例の側面図、第4図はそのⅣ-Ⅳ断面図、第5図は第3の実施例を示す図、第6図は第4の実施例を示す図、

第7図は従来の光ファイバ増幅器の概略を示した図である。

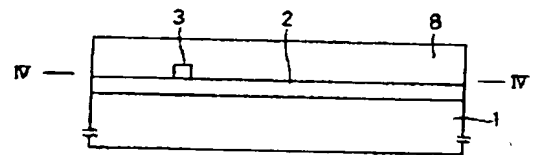
図中、1は基板、2はバッファ層、3、4はコア、5、6はリング共振器、7は注入同期型半導体レーザー、8はクラッド、9は信号光、10は信号出力光、11、12、13は励起光、14、15、20は方向性結合器、16は希土類元素添加光ファイバ、17、18、29は光ファイバ型方向性結合器、19は励起光伝搬用光ファイバ、31は基準の波長安定化半導体レーザーを示す。

特許出願人 日立電線株式会社  
日本電信電話株式会社  
代理人弁理士 桐谷 信雄

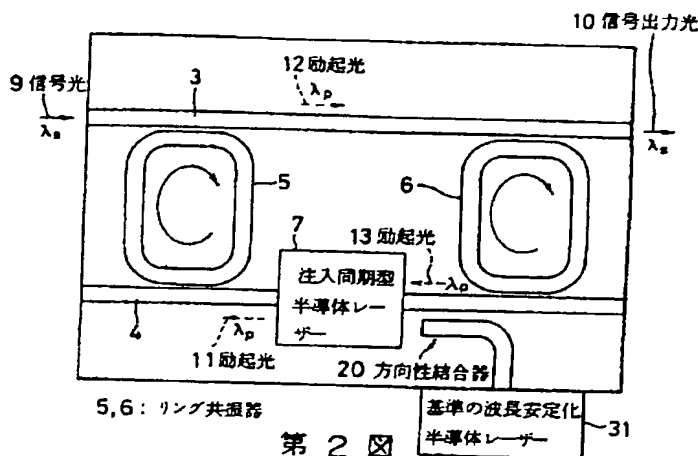


1:基板 3,4:コア  
2:バッファ層 8:クラッド

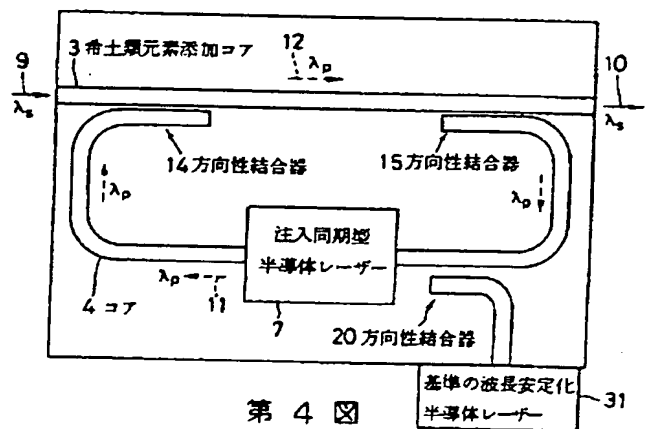
第1図



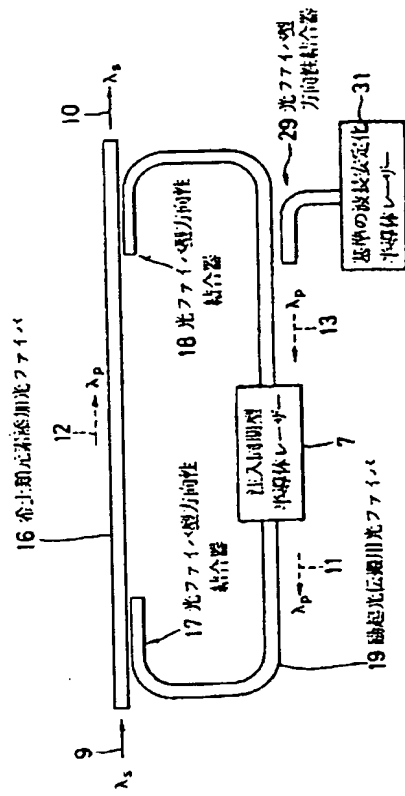
第3図



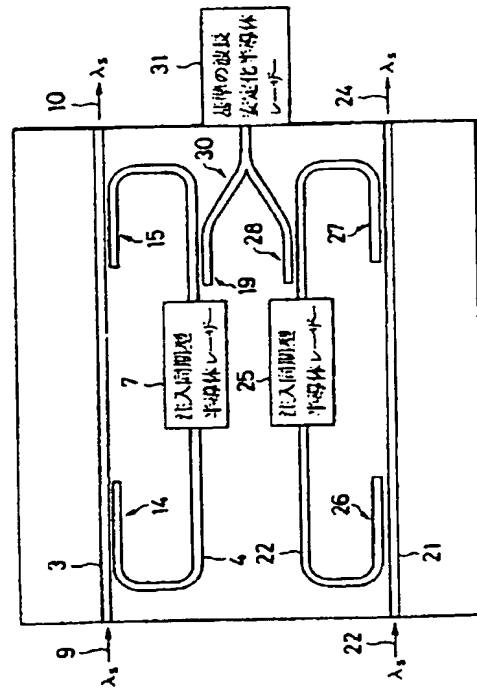
第2図



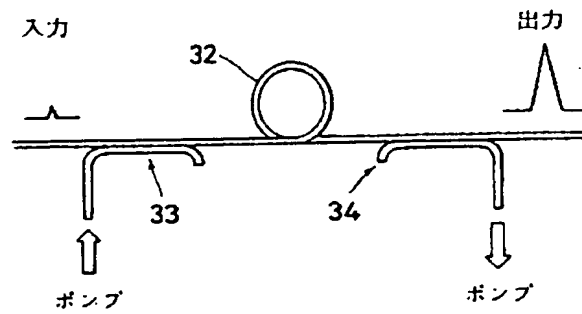
第4図



第5図



第6図



第7図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**